

**Translation of DE 670 570 A1****Page 2, lines 38 to 59:**

The ranges, within which the added components can be changed, essentially depend on the desired combination of properties, and, in particular, alloys are of practical importance, which have ranges for Si between 7 and 25 %, for Mg between 2 and 3 %, for Ni between 0,5 and less than 6,5 %, and for Cu between 0,3 and 2 %. The aluminium content is usually not below 80 %. The Si content is generally between 10 and 15 %, if the alloy has a low heat expansion. Less than 10 % Si could be added under specific circumstances, however, an increase in the heat expansion has to be considered. In a similar manner also a high Si content can be present, also for example 25 %, if the machinability is not the most important aspect.

**Page 3, lines 82 to 99:**

An aluminium alloy having a content of 14 % Si, 2 % Ni, 1 % Mg and 0,75 Cu has in a cast condition a Brinell hardness of about 85 kg/mm<sup>2</sup>. This hardness can be enhanced by a heating treatment to about 125 to 130 kg/mm<sup>2</sup>, i.e. generally a similar or even higher hardness than that of the aluminium alloys having high heat expansion. A sample of the later alloy had been, for example, subjected to an annealing treatment during 2 hours at 530° C, subsequently quickly cooled down to room temperature and ran by reheating to a temperature between 125 and 150° C aged for a period of about 25 hours. Afterwards the alloy had a Brinell hardness of 129 kg/mm<sup>2</sup>.

**Claims:**

1. Aluminium alloy, characterized by the following composition: Si 7 to 25 %, Mg 0,2 to 3 %, Ni 0,5 to less than 6,5 %, Cu 0,3 to 2 %, remaining parts aluminium.
2. Aluminium alloy according to claim 1, characterized in that it additionally has a content of one or more of a plurality of the metals Mn up to 1%, Cr up to 0,5 % and Ti up to 0,5 %.
3. Use of an aluminium alloy according to claim 1 and 2 for the manufacture of pistons.

(5)

DEUTSCHES REICH



AUSGEGEBEN AM  
20. JANUAR 1939

REICHSPATENTAMT  
PATENTSCHRIFT

Nr 670570

KLASSE 40b GRUPPE 19

A 58522 VI/40 b

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 29. Dezember 1938

Metallgesellschaft Akt.-Ges. in Frankfurt, Main

Aluminiumlegierung

Patentiert im Deutschen Reiche vom 21. Juli 1929 ab

Die Priorität der Anmeldung in den Vereinigten Staaten von Amerika vom 22. Dezember 1928  
ist in Anspruch genommen.

Die Erfindung bezieht sich auf Aluminiumlegierungen von verhältnismäßig geringer Wärmedehnung und guten mechanischen und physikalischen Eigenschaften.

- 5 Die Bedeutung von Aluminiumlegierungen mit geringer Wärmedehnung, die ferner die für die industrielle Benutzung erforderlichen mechanischen und physikalischen Eigenschaften besitzen, hat durch die fortgesetzte  
10 und weitere Entwicklung in der Benutzung dieser Legierungen für Kolben und ähnliche Motorteile zugenommen. Aluminium hat eine verhältnismäßig höhere Wärmedehnung als die anderen Metalle, unter Ausnahme von  
15 Magnesium, die für die Konstruktion von Motoren und ähnliche Zwecke verwendet werden. Da nun der Betrieb bei einer erhöhten Temperatur eine Ausdehnung der Motorteile zur Folge hat, so ist es wesentlich,  
20 daß die Ausdehnung eines beliebigen Teils mindestens dem Grade nach gleich der Ausdehnung anderer Teile ist. Die Entwicklung einer Legierung auf Aluminiumbasis mit einer zufriedenstellenden niedrigen Wärme-  
25 ausdehnung ist dadurch verzögert worden, daß eine niedrige Ausdehnung offenbar nur auf Kosten derjenigen mechanischen und physikalischen Eigenschaften erreicht werden konnte, die die Aluminiumlegierung für die  
30 Verwendung als Kolben geeignet machen. Ein

Kolben muß bekanntlich die physikalischen Eigenschaften einer angemessenen hohen Härte und eines angemessenen Grades von Festigkeit besitzen. Ferner muß die für die Herstellung verwendbare Legierung eine 35 leichte Bearbeitbarkeit aufweisen, da die Bearbeitung ein notwendiger Arbeitsgang bei der Fertigung auf Maß eines gegossenen Kolbens ist. Zur Zeit ist eine Aluminiumlegierung mit einer hochwertigen Kombination der Härte-, Festigkeit- und Bearbeitungseigenschaften, die ferner eine geringe Wärmedehnung besitzt, noch nicht entwickelt worden.

Den Gegenstand der Erfindung bildet eine 45 Legierung auf Aluminiumbasis mit verhältnismäßig geringer Wärmeausdehnung, die außerdem eine verhältnismäßig günstige Kombination an Härte, Festigkeit und Bearbeitungsfähigkeit im Vergleich zu den Eigenschaften besitzt, die bisher nur bei derartigen Legierungen mit verhältnismäßig höherer Wärmeausdehnung sich gezeigt haben; ferner bildet den Gegenstand der Erfindung ein aus einer derartigen Legierung hergestellter 50 Kolben.

Legierungen auf Aluminiumbasis, in denen Silicium den vorwiegenden Legierungsbestandteil bei einem Gehalt von ungefähr 3 bis 15 % bildet, werden in der Regel als 55

die einzigen Legierungen angesehen, die eine geringe Wärmeausdehnung mit guten mechanischen Eigenschaften verbinden. Es werden indessen andere Legierungen ungeachtet ihrer nachteiligen verhältnismäßig hohen Wärmeausdehnung in ausgedehnterem Maße zur Herstellung von Kolben benutzt, da die Aluminium-Silicium-Legierungen unter anderen Eigenschaften nicht die gewünschte Härte besitzen. Ferner kann den binären Aluminium-Silicium-Legierungen auch durch eine Wärmebehandlung nicht die Härte gegeben werden, die in der Regel für Kolben in Aluminiumlegierungen erforderlich ist.

Es ist eine Legierung auf Aluminiumbasis gefunden worden, in der das Silicium den vorwiegenden Legierungsbestandteil bildet, und die eine geringe Wärmeausdehnung gleichzeitig mit mechanischen Eigenschaften und einer Bearbeitungsfähigkeit besitzt, die den Vergleich zu anderen derartigen Legierungen mit einer verhältnismäßig hohen Wärmeausdehnung aushalten. Gemäß der Erfindung wird diese Kombination von Eigenschaften durch den Zusatz von geeigneten Mengen der Legierungsbestandteile Nickel, Magnesium und Kupfer zu den Aluminium-Silicium-Legierungen erreicht. Diese Aluminiumlegierung verbindet die niedrige Wärmeausdehnung der binären Aluminium-Silicium-Legierungen mit einer hohen Härte und guten Bearbeitbarkeit. Die in der Legierung enthaltenen Legierungsbestandteile wechseln innerhalb verhältnismäßig geringer Grenzen, um verschiedene Bedingungen zu erfüllen, unter denen die Aluminiumlegierungen mit geringer Wärmeausdehnung benutzt werden können.

Die Grenzen, innerhalb deren die hinzugesetzten Bestandteile sich ändern können, hängen in erheblichem Grade von der gewünschten Kombination von Eigenschaften ab, und zwar sind solche Legierungen von praktischer Bedeutung, bei denen die Gehaltsgrenzen für Silicium zwischen 7 und 25 %, für Magnesium zwischen 0,2 und 3 %, für Nickel zwischen 0,5 und weniger als 6,5 % und für Kupfer zwischen 0,3 und 2 % liegen. Der Aluminiumgehalt ist in der Regel nicht unter 80 %. Der Siliciumgehalt liegt allgemein zwischen 10 und 15 %, wenn die Legierung eine geringe Wärmeausdehnung besitzt. Weniger als 10 % Silicium können unter gewissen Bedingungen hinzugefügt werden, jedoch muß dabei eine Erhöhung der Wärmeausdehnung in Kauf genommen werden. In ähnlicher Weise kann ein hoher Siliciumgehalt, auch beispielsweise 25 %, vorhanden sein, wenn die Bearbeitungsfähigkeit nicht in erster Reihe in Betracht kommt. Es hat sich gezeigt, daß Siliciumgehalte zwischen etwa 10 und 15 % in der Regel eine für die wirtschaft-

liche Praxis äußerst geeignete Legierung ergeben. Wenn man aber die Anforderung auf gute Bearbeitbarkeit außer acht lassen oder Spezialwerkzeuge verwenden kann, die die Bearbeitung von mit den üblichen Stahlwerkzeugen in wirtschaftlicher Weise nicht bearbeitbaren Legierungen ermöglichen, so können Legierungen mit einem Gehalt bis etwa 25 % Silicium verwendet werden.

Der Gehalt an Magnesium, der der Legierung zugesetzt wird, hängt ebenfalls von den gewünschten Eigenschaften ab. Die Anwesenheit von Magnesium erhöht die durch eine Wärmebehandlung erreichbare Härte. Es hat sich ferner gezeigt, daß die Bearbeitbarkeit der Legierung durch Magnesium ebenfalls verbessert wird. Größere Mengen indessen als 1 bis 1,5 % Magnesium erhöhen im allgemeinen diese Eigenschaften nicht über die mit geringeren Mengen erhaltenen, während die Sprödigkeit der Legierung durch höhere Gehalte an Magnesium vergrößert wird. Vorzugsweise wird 0,2 bis 1 % Magnesium zugesetzt; dieser Gehalt ergibt in der Regel die besten Erfolge.

Der Zusatz an Nickel zu der Legierung kann innerhalb eines verhältnismäßig weiten Bereiches schwanken. Es hat sich gezeigt, daß Nickel die Bearbeitbarkeit der Legierung verbessert und auch die Wärmeausdehnung verringert sowie die Anfangshärte erhöht. Für gewisse Zwecke kann Nickel in Mengen von weniger als 6,5 % bis herunter zu 0,5 % zugesetzt werden. Dabei hat sich gezeigt, daß bei 2 bis 5 % die günstigsten Ergebnisse gezeigt werden. Höhere Gehalte an Nickel verbessern zwar die Bearbeitbarkeit und setzen ferner die Wärmeausdehnung herab, haben aber die Neigung, die Legierung spröde zu machen. Wenn Festigkeit wesentlich ist, ist ein höherer Gehalt als 4 bis 5 % nicht erwünscht. Andererseits wird bei geringeren Nickelgehalten als 2 % die vorteilhafte Wirkung abgeschwächt.

Aluminiumlegierungen, die Silicium, Magnesium und Nickel als zugesetzte Legierungsbestandteile enthalten, besitzen zwar gegenüber den bekannten Legierungen mit geringer Wärmeausdehnung wesentlich überlegene Eigenschaften. Es hat sich aber gezeigt, daß diese Legierungen durch den Zusatz von Kupfer noch erheblich verbessert werden können. Große Kupfergehalte vergrößern die Schwierigkeit der Bearbeitung wesentlich, beispielsweise den Verschleiß an Werkzeugen, aus diesem Grunde sind sie im allgemeinen unerwünscht. Indessen wird die Anfangshärte und die Härte der wärmebehandelten Legierung wesentlich bis zu einem unerwarteten Grade durch den Zusatz einer geringen Kupfermenge erhöht. Unter gleichen

Wärmebehandlungen hat beispielsweise eine Legierung mit einem Gehalt von 14% Silicium, ungefähr 2% Nickel und 1% Magnesium eine niedrige Brinellhärte von etwa 85 kg/mm<sup>2</sup>, während eine Legierung mit den gleichen Gehalten an Silicium, Nickel und Magnesium, bei einem gleichzeitigen geringen Gehalt an Kupfer unter ähnlichen Bedingungen eine um 15 bis 25 kg/mm<sup>2</sup> höhere Brinellhärte als die obenerwähnte besitzt. Eine derartig erhöhte Härte ist sehr erwünscht, da man sie ohne wesentliche Erhöhung der Sprödigkeit, der Bearbeitungsschwierigkeiten und der Wärmeausdehnung erreichen kann. Es sind zwar bereits Legierungen des Aluminiums mit Silicium-, Magnesium-, Nickel- und Kupferzusätzen bekannt. Bei diesen Legierungen betrug jedoch der Kupfergehalt etwa 4,5%. Ein derartig hoher Kupfergehalt setzt aber bereits den Schmelzpunkt der Legierung nicht unwe sentlich herab, so daß auch die Glühtemperatur bei der Wärmebehandlung herabgesetzt werden muß. So kann man z. B. eine Legierung des Aluminiums mit 14% Si, 1% Mg, 2% Ni und 2% Cu bei Temperaturen von 520° glühen, abschrecken und anlassen und erreicht hierdurch eine Festigkeitssteigerung auf 34 kg/mm<sup>2</sup>. Setzt man der gleichen Legierung 4,5% Kupfer zu, ohne die übrigen Gehalte zu verändern, so zeigen sich bei Glühtemperaturen von 520° bereits Anzeichen einer Schmelzung, so daß man gezwungen ist, als maximale Glühtemperatur 510° zu wählen. Behandelt man nun diese Legierung, die einen Kupfergehalt von 4,5% hat, durch Glühen bei 510°, Abschrecken und Altern, so steigt die Festigkeit des höheren Kupfergehalts nur auf 30 kg/mm<sup>2</sup>.

Hieraus ergibt sich, daß eine Verringerung des Kupfergehaltes nicht etwa eine Einbuße hinsichtlich der Festigkeit mit sich bringt, wie man erwarten könnte, sondern auf Grund der höher liegenden Glühtemperaturen im Endeffekt bessere Ergebnisse erzielen läßt.

Eine Aluminiumlegierung, die, wie sich gezeigt hat, insbesondere den Anforderungen für Kolben entspricht, enthält etwa 14% Silicium, 2% Nickel, 1% Magnesium und 0,75% Kupfer. Andere Legierungsbestandteile, beispielsweise Eisen, das sich in der Regel als Verunreinigung in siliciumreichen Legierungen findet, können in Mengen anwesend sein, wie sie üblicherweise in hochwertigen Barren sich finden, ohne die wesentlichen Eigenschaften der Legierung erheblich zu beeinflussen. In der Regel ist es erwünscht, ein hochwertiges im Handel erhältliches Aluminium zur Herstellung der Legierung zu verwenden. Indessen können Aluminiumbarren von geringerer Reinheit verwendet

werden, wie auch Aluminium von äußerst hoher Reinheit. Das Fehlen oder Vorhandensein von Verunreinigungen, die sich gewöhnlich in hochwertigem Handosaluminium finden, hat augenscheinlich keine erhebliche Änderungen in den wesentlichen Eigenschaften zur Folge.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient der bevorzugten Legierung ist ungefähr  $19 \times 10^{-6}$  pro Grad C Temperaturunterschied zwischen 20 und 100°C. Im Vergleich dazu ist der Ausdehnungskoeffizient einer Aluminiumlegierung mit einem Gehalt von ungefähr 10% Kupfer  $22 \times 10^{-6}$  oder annähernd 15% höher als der Legierung gemäß der Erfindung. In der Tat hat die neue Legierung eine erheblich niedrigere Wärmeausdehnung als irgendeine bekannte Aluminiumlegierung mit ähnlichen mechanischen Eigenschaften und Bearbeitungseigenschaften.

Eine Aluminiumlegierung mit einem Gehalt von 14% Silicium, 2% Nickel, 1% Magnesium und 0,75% Kupfer hat in gegossenem Zustande eine Brinellhärte von ungefähr 85 kg/mm<sup>2</sup>. Diese Härte kann durch Wärmebehandlung auf ungefähr 125 bis 130 kg/mm<sup>2</sup> gesteigert werden, d. i. im wesentlichen eine gleiche oder noch größere Härte als die der Aluminiumlegierung mit hoher Wärmedehnung. Eine Probe der letzterwähnten Legierung wurde beispielsweise während zwei Stunden bei 530°C einer Glühbehandlung unterworfen, hierauf schnell auf Zimmertemperatur abgekühlt und alsdann durch Wiederwärmung auf eine Temperatur zwischen 125 und 150°C während einer Dauer von ungefähr 25 Stunden gealtert. Hiernach hatte die Legierung eine Brinellhärte von 129 kg/mm<sup>2</sup>.

Die Aluminiumlegierung mit einem Gehalt an Silicium, Nickel, Magnesium und Kupfer gemäß der Erfindung hat zahlreiche wesentliche Vorteile gegenüber den bisher zur Herstellung von Kolben und ähnlichen Teilen benutzten Aluminiumlegierungen. Sie besitzt eine niedrige Wärmeausdehnung in Verbindung mit einer Härte, wie sie für Kolben und ähnliche Teile erwünscht ist. Sie kann ferner in wirtschaftlicher Weise bearbeitet werden, so daß einer der Hauptnachteile der bisher üblichen Aluminium-Silicium- und Aluminium-Kupfer-Silicium-Legierungen wegfällt, wenn eine niedrige Wärmeausdehnung und hohe Härte verlangt werden. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Legierung wesentlich (bei der bevorzugten Zusammensetzung um etwa 10%) leichter ist als die 10%ige Kupferlegierung, die meist für Kolben benutzt wird.

Im vorstehenden ist der Zusatz von anderen Legierungselementen als Silicium, Nickel, Magnesium und Kupfer erwähnt worden. Es

*AN = 0,1891* *KS*

*90 70-100 ≥ 23*

ist bisweilen erforderlich, gewisse Mengen anderer Legierungsbestandteile zuzusetzen, um die Eigenschaften der Legierung abzuändern und sie insbesondere für andere Ge-  
genstände als Kolben und ähnliche Teile ge-  
eignet zu machen. Beispielsweise können  
Mangan bis etwa 1%, Chrom bis etwa 0,5%  
bzw. Titan bis 0,5% zur Hervorbringung ge-  
wisser Spezialeigenschaften zugesetzt wer-  
den, die außer den bereits der Legierung  
eigenständlichen verlangt werden.

Es hat sich zwar gezeigt, daß die Legierun-  
gen infolge ihrer Natur und ihrer Zusam-  
mensetzung am meisten für Kolben, Zylinder-  
köpfe und ähnliche gegossene Gegenstände  
verwendet werden. Es finden sich aber inner-  
halb der angegebenen Grenzen der Zusam-  
mensetzung Legierungen, die schmiedbar sind

oder in ähnlicher Weise zu Teilen, beispiels-  
weise zu Verbindungsstangen, bearbeitet wer-  
den können.

## PATENTANSPRÜCHE:

1. Aluminiumlegierung, gekennzeichnet durch - nachstehende Zusammensetzung: Silicium 7 bis 25%, Magnesium 0,2 bis 3%, Nickel 0,5 bis weniger als 6,5%, Kupfer 0,3 bis 2%, Rest Aluminium.
2. Aluminiumlegierung gemäß An- spruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie noch einen Gehalt an einem oder mehreren der Metalle Mangan bis 1%, Chrom bis 0,5% und Titan bis 0,5% enthält.
3. Verwendung der Aluminiumlegierun- gen gemäß Anspruch 1 und 2 zur Herstel- lungen von Kolben.